



**PHOTOVOLTAIC ELEMENT AND METHOD OF MANUFACTURING THE ELEMENT**

**Patent number:** JP2001345469  
**Publication date:** 2001-12-14  
**Inventor:** SHIMIZU KOICHI; TSUZUKI KOJI; MURAKAMI TSUTOMU  
**Applicant:** CANON KK  
**Classification:**  
- international: *H01L21/00; H01L31/00; H01L31/04; H01L31/05; H01L31/18; H01L21/00; H01L31/00; H01L31/04; H01L31/05; H01L31/18; (IPC1-7): H01L31/04*  
- european:  
**Application number:** JP20000163913 20000601  
**Priority number(s):** JP20000163913 20000601

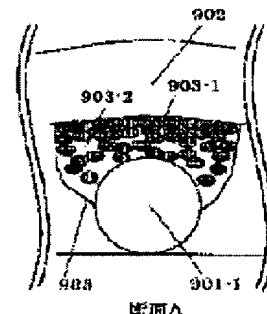
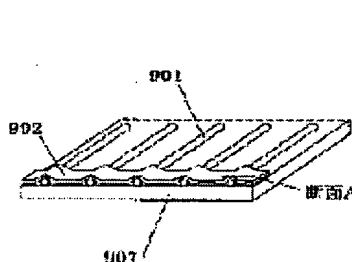
**Also published as:**

 US6706961 (B2)  
 US2002139415 (A1)

[Report a data error here](#)

**Abstract of JP2001345469**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance the stress resistance of a photovoltaic element having electrodes of thin metal wire and parts being bonded to other electrodes. **SOLUTION:** The photovoltaic element comprises first and second electrodes of thin metal wire, and parts composed of conductive particles and resin for bonding the first and second electrodes electrically and mechanically provided between the thin metal wires of the first and second electrodes while touching them directly wherein the volumetric density of the conductive particles (903-1) at the bonding part decreases from the vicinity of the surface of the second electrode (902) toward the vicinity of the surface of the first electrode (901-1).



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-345469

(P2001-345469A)

(43) 公開日 平成13年12月14日 (2001. 12. 14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 31/04

識別記号

F I

H 0 1 L 31/04

テーマコード(参考)

M 5 F 0 5 1

H

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-163913(P2000-163913)

(22) 出願日 平成12年6月1日(2000. 6. 1)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 清水 孝一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 都築 幸司

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(74) 代理人 100096828

弁理士 渡辺 敬介 (外1名)

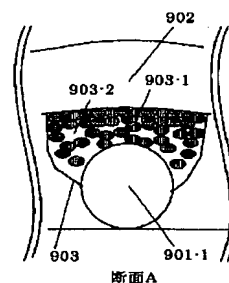
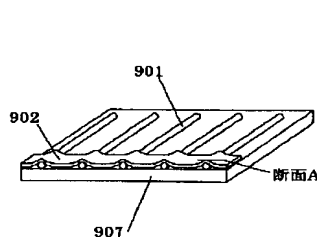
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光起電力素子および光起電力素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 金属細線からなる電極と、他の電極の接合部を有する光起電力素子の耐応力性が高める。

【解決手段】 金属細線からなる第一電極と、第二電極とを有し、かつ、導電性粒子と樹脂とからなり、前記第一電極の前記金属細線と前記第二電極との間に、前記第一電極の前記金属細線と前記第二電極とに直に接した状態で介在し、前記第一電極と前記第二電極とを電気的かつ機械的に接合する接合部を有する光起電力素子において、該接合部における導電性粒子(903-1)の体積密度が第二電極(902)の表面近傍から第一電極(901-1)の表面近傍にかけて減少していることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、金属細線からなる第一電極と、第二電極とを有し、かつ、導電性粒子と樹脂とからなり、前記第一電極の前記金属細線と前記第二電極との間に、前記第一電極の前記金属細線と前記第二電極とに直に接した状態で介在し、前記第一電極と前記第二電極とを電気的かつ機械的に接合する接合部を有する光起電力素子において、該接合部における前記導電性粒子の体積密度が前記第二電極の表面近傍から前記第一電極の表面近傍にかけて減少していることを特徴とする光起電力素子。

【請求項2】 前記接合部が、前記導電性粒子と、前記第一電極の表面を斑状に被覆する第一樹脂と、第二樹脂とからなることを特徴とする請求項1に記載の光起電力素子。

【請求項3】 前記第一樹脂が架橋したブチラール樹脂を主成分とし、かつ前記第二樹脂が架橋したアクリル酸エステルを主成分とすることを特徴とする請求項2に記載の光起電力素子。

【請求項4】 請求項1に記載の光起電力素子を製造する方法であって、前記樹脂の内部に前記導電性粒子を一定の体積密度で分散させた後に硬化させることによって、硬化樹脂部を形成する工程と、前記樹脂の内部に前記導電性粒子を前記一定の体積密度とは異なる体積密度で分散させることによって、未硬化樹脂部を形成する工程と、該未硬化樹脂部を前記硬化樹脂部に接する状態で配する工程とを含むことを特徴とする光起電力素子の製造方法。

【請求項5】 前記金属細線表面に前記樹脂によって斑状に被覆された斑状被覆部を形成する工程と、前記導電性粒子を含有する前記樹脂を前記斑状被覆部に接する状態で配する工程とを含むことを特徴とする請求項4に記載の光起電力素子の製造方法。

【請求項6】 前記斑状被覆部を形成する前記工程が、前記金属細線表面にフィラーを含有する前記樹脂を配する工程と、前記フィラーを分散させた前記樹脂にエネルギービームを照射する工程とを含むことを特徴とする請求項5に記載の光起電力素子の製造方法。

【請求項7】 前記フィラーの直径が10乃至50nmであり、前記フィラーの前記樹脂中の体積密度が20乃至50%であることを特徴とする請求項6に記載の光起電力素子の製造方法。

【請求項8】 前記フィラーがカーボンブラックであり、前記樹脂が架橋されたブチラール樹脂を主成分とし、かつ前記エネルギービームがQスイッチ発振による平均出力が20乃至50WのパルスYAGレーザビームであることを特徴とする請求項6又は7に記載の光起電力素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、太陽電池等の光起電力素子およびその製造方法に関するものであり、特に集電電極に金属細線を使用している光起電力素子とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、環境保護の観点から数々の自然エネルギーによる発電が注目されている。中でも、光起電力素子を太陽光にあてることによって電力を発生させる太陽光発電は、完全なクリーンエネルギーであり、最も注目されているもののひとつである。

【0003】しかし、光起電力素子の初期製造コストは他の発電方式と比較して高く、太陽光発電が広く普及するにはより一層の低コスト化が必要である。そのため、現在までに様々な形態の光起電力素子およびその製造方法が考案されている。

【0004】その中に個々の光起電力素子の面積を大面積にすることによって低コスト化を図ったタイプのものが公知である。光起電力素子は出力電圧が数ボルトと低いため、一般に複数の素子を直列化して使用しなければならない。低コストで直列化する方法はいくつか考案されているが、その内のひとつが個々の素子の面積を大きくし、直列数を減らす方法である。個々の素子を可能な限り大きくし、直列数を減らすことで、製造工程の簡略化が可能になり、太陽光発電システム全体の低コスト化が図れるのである。

【0005】このような大面積素子の形態の特徴は光入射面側の電極に金属細線を使用することである。

【0006】図8に比較的大面積の光起電力素子の一例を示す。図中、810は集電電極、811はバスバー電極、807は光起電力層、808は透明電極層、812は裏面電極である。

【0007】図8の光起電力素子を流れる電流の経路は裏面電極と、光起電力層と、透明電極層と、集電電極と、バスバー電極とを結ぶ経路である。図8に透明電極、集電電極、およびバスバー電極を流れる電流を矢印で示す。図8のように集電電極には透明電極から電流が集中して流れ、さらにバスバー電極へと流れる。集電電極は極力、素子に入射する光を遮らないように細く形成されなければならない。

【0008】ところで、図8から、光起電力素子の面積に比例して集電電極が長くなり、そこを流れる電流が増加することが理解される。流れる電流が増加すると、集電電極におけるジュール損失も増加するため集電電極の抵抗を下げなければならない。一般に10cm角程度の光起電力素子であれば、導電性樹脂を透明電極層上に印刷し、その上に半田等の低融点金属をリフローさせて形成する印刷電極が有効である。しかし、それ以上の大きさの光起電力素子で、印刷電極をそのまま使用すれば、抵抗が高くなり損失が大きくなる。それを避けるためには、印刷電極を太くすることが考えられるが、高さ方向

に太くすることは困難であり、横方向に太くする以外にない。すると、入射する光を遮り、発電量を低下させてしまう。したがって、より入射する光を遮る量が少なく、かつ抵抗の低い金属細線からなる集電電極を使用する必要があるのである。金属細線は横方向に細くても、高さ方向に印刷電極よりも太いため、金属細線を使用すれば、細く、かつ抵抗の低い電極が実現可能となる。

【０００９】集電電極に金属細線を使用した光起電力素子は米国特許４２６０４２９に具体的に開示されている。

【0010】接合部の構造としては金属細線とバスバー電極を直接溶接や、ヒュージング等で接合する方法、半田に代表される低融点金属を介して接合する方法、導電性樹脂を介して接合する方法が公知である。

【0011】米国特許4260429に開示されているような光起電力素子の構造において、金属細線とバスバー電極の接合部は非常に重要である。

【0012】その接合部に望まれる性能は、第一にその電気抵抗が低いことである。前述のように集電電極には電流が集中してくるため、集電電極の最端部である接合部にも、大きな電流が流れる。この大きな電流が流れることによって発生するジュール損失を十分抑えるためには接合部の抵抗は十分に低くなければならない。

【0013】第二に耐応力性が高いことである。光起電力素子は屋外の環境で使用される。光起電力素子は太陽電池モジュールに組み込まれて使用されるものの、光起電力素子自体にも、風、積雪等により相当の応力に加わる。集電電極に加わった応力はその端部のバスバー電極との接合部に集中しやすい。したがって、接合部は十分な耐応力性を有さなければならない。

【0014】第三に低抵抗、耐応力性の二つの性能を長期にわたって保持する耐久性が高いことが望まれる。現在の電力価格で計算すると、現在の一般的な太陽光発電システムの初期コストを発電エネルギーの代金で回収するには、およそ十数年を要する。そのため、光起電力素子の耐久性はその他の一般的な電子素子と比較して倍以上の長い耐久性を要求されている。しかも、太陽光発電システムは屋外の環境に直にさらされるため、実際には十倍程度の耐久性が必要と考えられる。

【0015】これらの三つの望まれる性能をバランス良く満たす接合部の構造としては、金属細線とバスバー電極を、導電性樹脂を介して接合する方法が好適である。なぜなら、直接溶接やヒュージングで接合する方法や、半田等の低融点金属を介して接合する方法の場合は接合部の剛性が高すぎるため、応力が接合部の近傍の金属細線に集中し、金属細線自体が破断する可能性が高くなるからである。

【0016】従来の導電性樹脂を介した接合構造は特開平8-236796号公報に開示されている。当該公報に記載の接合部の断面構造を模式的に図10に示す。

【0017】図10のように金属細線（1001-1、金属細線の断面）と電極部材（1002）とが、樹脂（1003-2）と多数の導電性粒子（1003-1）とからなる接合部を介して電気的、かつ機械的に接合されている。その接合構造の具体的サイズは、金属細線は太さが数十乃至数百 $\mu\text{m}$ 程度であり、導電性粒子は、粒子がカーボンの場合、数十 $\text{nm}$ 、金属の場合、数十乃至数十 $\mu\text{m}$ 程度である。また、具体的な接合形成方法は樹脂に導電性粒子を均一に分散させて導電性樹脂を形成し、それを金属細線と電極部材の間に配し硬化させる方法である。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】本発明の解決しようとする課題は、前述の金属細線からなる集電電極とバスバー電極とを導電性樹脂を介して接合する接合構造において、従来の接合構造よりも、より耐力力性に優れた構造を得ること、およびその製造方法を得ることである。

【0019】従来の構造では導電性粒子および樹脂からなる接合部の機械的強度が、接合部と金属細線との界面、つまり導電性樹脂と金属細線表面との接着面、およびその近傍において比較的弱かった。そのため、耐応力試験、対応力耐久性試験を行うと、この接着面や近傍において剥離や、破断が生じる場合があった。

【0020】前述のように光起電力素子の接合部には耐応力性が大きいこと、耐久性が高いことが非常に求められており、この接着面における剥離や、破断の発生は重要な問題となる。

【0021】本発明はこの問題の発生を防ぐために、金属細線と導電性樹脂の接着面およびその近傍の機械的強度を向上させることをその課題としたものである。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明者は光起電力素子の金属細線とバスバー電極の接合構造、およびその製造方法を鋭意検討した結果、前記課題を解決するために有効な下記の構成からなる光起電力素子を発明した。

【００２３】即ち、本発明の光起電力素子は、少なくとも、金属細線からなる第一電極と、第二電極とを有し、かつ、導電性粒子と樹脂とからなり、前記第一電極の前記金属細線と前記第二電極との間に、前記第一電極の前記金属細線と前記第二電極とに直に接した状態で介在し、前記第一電極と前記第二電極とを電気的かつ機械的に接合する接合部を有する光起電力素子において、該接合部における前記導電性微粒子の体積密度が前記第二電極の表面近傍から前記第一電極の表面近傍にかけて減少していることを特徴とする。

【0024】さらに、前記接合部が前記導電性粒子と、前記第一電極の表面を斑状に被覆する第一樹脂と、第二樹脂とからなることを特徴とする。

【0025】さらに、前記第一樹脂が架橋したブチラール樹脂を主成分とし、かつ前記第二樹脂が架橋したアク

リル酸エステルを主成分とすることを特徴とする。

【0026】また、下記の構成からなる前述の構成を有する光起電力素子の製造方法を発明した。

【0027】即ち、本発明の光起電力素子の製造方法は、前記樹脂の内部に前記導電性粒子を一定の体積密度で分散させた後に硬化させることによって、硬化樹脂部を形成する工程と、前記樹脂の内部に前記導電性粒子を前記一定の体積密度とは異なる体積密度で分散させることによって、未硬化樹脂を形成する工程と、該未硬化樹脂を前記硬化樹脂部に接する状態で配する工程とを含むことを特徴とする。

【0028】さらに、前記金属細線表面に前記樹脂によって斑状に被覆された斑状被覆部を形成する工程と、前記導電性粒子を含有する前記樹脂を前記斑状被覆部に接する状態で配する工程とを含むことを特徴とする。

【0029】さらに、前記斑状被覆部を形成する工程が、前記金属細線表面にフィラーを含有する前記樹脂を配する工程と、前記フィラーを分散させた前記樹脂にエネルギービームを照射する工程とを含むことを特徴とする。

【0030】さらに、前記フィラーの直径が10乃至50nmであり、前記フィラーの前記樹脂中の体積密度が20乃至50%であることを特徴とする。

【0031】さらに、前記フィラーがカーボンブラックであり、前記樹脂が架橋されたブチラール樹脂を主成分とし、かつ前記エネルギービームがQスイッチ発振された平均出力が20乃至50WのパルスYAGレーザービームであることを特徴とする。

【0032】

【発明の実施の形態】以下に本発明の好適な実施の形態を説明する。

【0033】まず、本発明の光起電力素子について説明する。

【0034】図9に本発明の光起電力素子の模式図を示す。図9は光起電力素子の概観、およびその細部構造（断面A）である。901は金属細線（901-1）からなる第一電極、902は第二電極、903-1は導電性粒子、903-2は樹脂、903は導電性粒子および樹脂からなる接合部、907は光起電力層を表している。細部構造は金属細線からなる第一電極（901）と第二電極（902）との接合構造を金属細線の長手方向に垂直な面で切った断面を示してある。

【0035】図9は模式的に表したものであり、本発明は本図9に限定されるものではない。即ち、第一電極の断面は図9の様に円形でなくてもかまわないし、第二電極も平面でなくてもかまわない。また、接合部の形状も図示の形状と異なってもよい。

【0036】本発明の特徴は導電性粒子と樹脂とからなる接合部（903）において、第二電極表面近傍から金属細線表面近傍にかけて、導電性粒子の体積密度を減少

させて粗にしたことである。

【0037】比較のために従来の光起電力素子の細部構造を図10と図11に示す。図10は導電性粒子（1003-1）の密度が高い場合を示し、図11は導電性粒子（1103-1）の密度が低い場合を示す。

【0038】図10と図11において従来の接合部（1003、1103）に含まれる導電性粒子（1003-1、1103-1）の体積密度は一定である。

【0039】図10の導電性粒子の密度が高い場合、金属細線（1001-1）と樹脂（1003-2）の接着面積が比較的小さい。したがって、金属細線と接合部（1003）の接着界面における接着力が低く、剥離を生じ易い。また、接合部の構造保持に寄与しない導電性粒子（1003-1）が多いため、接合部自体の強度が低く、外部応力が集中しやすい金属細線近傍の接合部内部において破断を生じ易い。

【0040】反対に図11の導電性粒子（1103-1）の密度が低い場合、樹脂（1103-2）の量が多いため金属細線（1101-1）と樹脂（1103-2）の接着面積が比較的大きい。したがって、金属細線（1101-1）と接合部（1103）の接着界面における接着力が高く、剥離が生じにくい。また、接合部の構造保持に寄与する樹脂が多いため、接合部自体の強度が高く、接合部内部での破断も生じにくい。しかし、接合部中の導電性粒子の量が少ないため、導電粒子が連なって接触することによって形成される導電経路が細く長くなり接合抵抗が上昇する。

【0041】本発明の接合は、上記従来の接合の有する問題を有しない。本発明の接合部の場合、第二電極表面近傍から金属細線表面近傍にかけて、接合部中における導電性粒子の体積密度を減少させて粗にしてあるために、金属細線と樹脂の接着面が比較的大きく、接着界面における接着力が高く、剥離が生じにくい。かつ、金属細線近傍の接合部の樹脂量が比較的多いため、近傍の接合強度が高く、近傍における破断も生じにくい。また、接合部中の導電粒子が連なって形成される導電経路も、細い部分があるものの、その長さが短いために接合抵抗の上昇は防げる。

【0042】図12に本発明の光起電力素子に関する、接合構造の一例を示す。1201は金属細線（1201-1）からなる第一電極、1202は第二電極、1203-1は導電性粒子、1203-2は樹脂、1203は導電性粒子および樹脂からなる接合部を表している。さらに、図12において1203-2-1は第一電極の表面を斑状に被覆する第一樹脂を表している。また、1203-2-2は第二樹脂と導電性粒子からなる部位を表している。第二樹脂中の導電性粒子の分布は本例の場合、均一に示されているが、これに特定されるものではない。

【0043】第一樹脂（1203-2-1）は第一金属

表面を斑状に被覆し、所々、第一電極表面が露出している。露出した第一電極表面には第二樹脂が接着する、もしくは導電性樹脂が接触することによって接合部が形成されている。この様な構造にすることによって、樹脂と導電性粒子からなる接合部において、前記導電性粒子の体積密度が前記第二電極の表面近傍から前記第一電極の表面近傍にかけて減少した構造になる。よって、前述した理由から、接合部と第一電極の接着力、および第一電極近傍の接合部自体の強度が強く、また、接合抵抗が低い構造となっている。

【0044】さらに、ここで第一樹脂と第二樹脂の間に界面が存在することによって、さらに第一電極近傍の接合部の耐応力性が増す。これは、界面において接合に加わる応力が分散され、接合部が破断しにくくなるためと考えられる。つまり、平面でない界面を有することによって、一方向から加わった応力が多方向に分散されるのである。このようにして、第一樹脂は金属細線に固定されたアンカーのような作用を示す。この作用は第一樹脂と第二樹脂の材質が同じであっても、界面があれば現れる。これは界面の結合が樹脂中の分子の結合構造と異なるためと考えられる。しかし、第一樹脂と第二樹脂の材質が異なり、両者の弾性率が適度にある方が作用は大きい。

【0045】特に第一樹脂が架橋させたブチラール樹脂を主成分とし、かつ第二樹脂が架橋させたアクリル酸エステルを主成分とする場合作用が高い。

【0046】以下に本発明の請求の範囲を明確にするために各用語の説明をする。

【0047】(光起電力素子) 光が照射されることによって、起電力を生じる素子である。半導体を利用するものが一般的であるが、色素を利用するものも知られている。半導体からなるものは材料の面で大きくシリコン系と、ガリウム砒素や硫化カドミウムに代表される化合物半導体系とに分けられる。また接合のバンド構造の面で、単純な同種のp型半導体とn型半導体との接合であるpn接合型、禁止帯の異なる異種半導体の接合からなるヘテロ接合型、半導体と金属のショットキーバリア型に分類される。結晶構造の面での分類では結晶系、単結晶系、多結晶系、薄膜単結晶系、微結晶系、アモルファス系に分類される。層構造の面では接合一層からなるシングル、接合二層を重ねて直列化したタンデム、さらに三層を重ねたトリプル等が公知である。

【0048】本発明はこれら光起電力素子の電極構造に関するものであり、金属細線からなる電極を有する光起電力素子であればこれら、光起電力素子の種類によって制限されるものではない。しかし、本発明は光起電力素子を形成する際、さらに、素子を直列化し保護層と一体化したモジュールを形成する際、さらに、太陽光発電システム形成する際や実際に屋外で使用する際等に、素子の電極接合部に加わる応力に対し、耐性を高めることを

目的としたものである。したがって、接合部に応力が加わりやすい構造を有する光起電力素子ほど本発明の効果が顕著である。具体的には光起電力素子全体が可撓性を有する程、大面積である程、その素子の電極接合に加わる応力が大きく、また加わる時間も長いと考えられる。特にSUS板等の可撓性基板上に形成した光起電力素子であって、サイズが数cm各以上を有するものに対して効果的である。

【0049】(金属細線) 金属からなる細線である以外に特に制限はない。材質は金、銀、銅、錫、鉛、鉄、ニッケル、チタン、アルミニウム、モリブデン、タングステン、ビスマス、インジウム、白金等、およびこれらの合金が一般的である。金属細線の太さは数十乃至数百 $\mu\text{m}$ が一般的である。断面形状は円形、三角形、四角形、その他多角形であってもよい。また、多層構造を有していてもよい。即ち、芯線とその被覆から成っていても本発明の効果に影響しない。被覆としてはめっき法、クラッド法等によって形成した金属被覆が公知である。特に銀めっきは良く使用されている。

【0050】(第一電極) 金属細線からなり、かつ光起電力素子で発生した電力を電送する電極である以外に特に制限はない。金属細線の周りに被覆を有してもよい。特に第一電極を光起電力層に接着するための導電性樹脂を被覆として有することは公知である。電極は一般に光起電力層の入射面側と非光入射面側に一対で形成されるが、そのどちらであってもかまわない。しかし、本発明は、細いことが必要とされ、細いために、第一電極を構成する金属細線と第二電極と導電性粒子と樹脂によって接合することが困難であり、かつ第二電極との接合部に電流が集中する第一電極に対して効果がより発揮される。したがって、より電流が集中する光起電力素子の光入射面側の集電電極として配されている第一電極に対して効果的である。そのような第一電極の特徴は細く、かつ抵抗の低いことである。具体的には太さは数十乃至百数十 $\mu\text{m}$ が好適である。また、導電性樹脂からなる印刷電極や、印刷電極上に半田をリフローさせた電極と異なり、単位長さあたりの抵抗が数 $\Omega/\text{m}$ 以下であるものが好適である。

【0051】(第二電極) 光起電力素子で発生した電力を電送する電極である以外に特に制限はない。電極は一般に光起電力層の入射面側と非光入射面側に一対で形成されるが、そのどちらであってもかまわない。電極の材質は金、銀、銅、錫、鉛、鉄、ニッケル、チタン、アルミニウム、モリブデン、タングステン、ビスマス、インジウム、白金等、およびこれらの合金が一般的である。電極の形状はバルクであってもよいし、基板上に形成した薄膜であってもかまわない。第一電極が光起電力素子の光入射面側に配される集電電極の場合は、本第二電極はバスバー電極として知られている。バスバー電極は集電電極から電流を取り出し、光起電力素子の外に電流を

導く、もしくは外部から電流を導入し、集電電極に流す役割を有する電極である。このような電極として、金属箔のストリップからなる電極が公知である。金属箔の厚みは数十乃至数百 $\mu\text{m}$ が一般的である。

【0052】(導電性粒子) 導電性を示す物質からなる粒子である以外に特に制限はない。導電性粒子の材質は金、銀、銅、錫、鉛、鉄、ニッケル、チタン、アルミニウム、モリブデン、タングステン、ビスマス、インジウム、白金等の金属単体やこれらの合金、インジウム錫酸化物、錫酸化物、チタン酸化物等の金属酸化物、および黒鉛、グラファイト等が一般的に公知である。また、粒子のサイズは黒鉛、グラファイト系、および金属酸化物系のもので数十乃至数百 $\text{nm}$ 、金属系のもので数百 $\text{nm}$ 乃至数 $\mu\text{m}$ のものが一般的である。粒子形状は球形、鱗片形、柱形等、いろいろなものが公知である。しかし、これらの中でも導電率の高い粒子ほど、接合の抵抗を下げる効果が高く好適である。具体的には金、銀、銅、ニッケル等の金属粒子が好ましい。銀は金と比較して安価であり、かつ化学的に安定しているため最も好適である。場合によっては、異なる材質のもの、異なるサイズのものを混ぜて使用してもよい。

【0053】(樹脂) 樹脂は硬化し、かつ金属細線および第二電極に対して接着力を示すものであれば特に制限は無い。熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、エラストマー、それらの混合物といった合成樹脂系や、でんぷん、にかわ、松ヤニ、アスファルト、タール等の天然有機系が一般的であり、これらから任意に選択可能である。合成樹脂系の具体例としてはエポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、メラミン樹脂、アルキド樹脂、フェノール樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ポリウレタン樹脂等の熱硬化性樹脂や、ブチラール樹脂、ポリエステル樹脂、ポリイミド樹脂、アクリル樹脂等の熱可塑性樹脂が挙げられる。しかし、本発明の場合、金属細線に対して比較的強い接着力を示し、かつ適度な弾性を有するエポキシ樹脂、ウレタン樹脂や、アクリル樹脂、ブチラール樹脂が好適である。また、熱硬化性樹脂の架橋密度を適当に調節することや、熱可塑性樹脂の混合量を調節することで樹脂全体の弾性率を調節することも効果的である。さらに、銀粒子に対するシラン系カップリング剤のように、導電性粒子と相性のよいカップリング剤を添加することも好適である。

【0054】(電気的かつ機械的に接合する接合部) 金属細線と第二電極間を電気的に導通し、かつ金属細線と第二電極の両方に接着している、導電性粒子と樹脂とからなる固体である。導通経路は接合部中の接触して連なる導電性粒子によって形成される。また、金属細線と第二電極に対する接着作用、および導通経路の保持機能は樹脂が担っている。以上の点を満たす限り、そのほかに制限は特にない。しかし、導通経路は抵抗が低いほど、ジュール損失が小さくなるため好ましい。さらに、接合

部の金属細線および第二電極との接着界面の接着力は強いほど、剥がれにくいいため好ましい。また、適度な弾性を有することが好ましい。これは適度な弾性を有することで応力緩和作用が生まれるからである。接合部の弾性があまりに小さい場合、金属細線が繰り返す応力で疲労して破断する場合がある。反対に弾性があまりに小さいと導通経路を保持しきれない場合がある。

【0055】(体積密度) 接合部の単位体積中で、導電性粒子が占める体積である。ここでいう単位体積は接合部全体の体積と比較して十分小さく、かつ導電性粒子1つの体積と同程度かそれよりも大きいものとする。

【0056】(表面近傍) 金属細線表面の極近辺から金属細線表面まで、もしくは第二電極表面の極近辺から第二電極表面までをさす。極近辺は金属細線と第二電極の距離に対して十分近いものとする。

【0057】(体積密度の減少) 体積密度の減少の仕方に関しては、特に直線的に低下しなくてもよい。段階的に減少する場合も効果的である。さらに、金属細線近傍で密度が低くなっていればその他が均一であっても、効果がある。ただし、あまりに密度が低くなると抵抗が上昇すると考えられるので好ましくない。密度の高低差は最大値の1/2程度までが好ましい。

【0058】(斑状) 金属細線表面上に第一樹脂によって被覆されている被覆領域と、被覆されずに完全に露出している露出領域とが交互に混在している状態である。それぞれの被覆領域と露出領域の大きさは金属細線の太さと比較して十分小さく、導電性粒子の大きさと比較して同程度かそれ以上のものとする。

【0059】次に、本発明の光起電力素子の製造方法について説明する。

【0060】本発明の光起電力素子を製造するための、第一製法は、例えば次の①乃至③からなるものであり、その特徴は①、②の工程を含むことである。図13を用いてこの第一製法を説明する。

【0061】①. 金属細線(1301-1)上に、樹脂(1303-2)内部に導電性粒子(1303-1)を一定の体積密度で分散させたものを塗布し、硬化させて硬化樹脂部を形成する(図13(a))。

②. 硬化樹脂部上に、樹脂(1303-2)内部に導電性粒子(1303-1)を上記①よりも大きい一定の体積密度で分散させたものを塗布する(図13(b))。

③. さらに、上部から第二電極(1302)を配し、接合部を硬化させて接合を完成する(図13(c))。

【0062】このように、異なる一定の体積密度で導電性粒子を分散させた樹脂を用意し、塗布し硬化させることを、少なくとも一回以上繰り返すことによって、容易に本発明の光起電力素子の第一電極と第二電極の接合部を作製することが可能である。この方法は後述の第二製法と組み合わせることも可能である。また、上記順番とは異なり、第二電極の上に先に硬化樹脂部を形成し、さ

らに、その上に硬化樹脂部よりも、小さな体積密度の樹脂を配する方法も可能である。さらに、上記①及び②で用いる樹脂は同種でも、異種でもよい。

【0063】本発明の光起電力素子を製造するための、第二製法は、次の①乃至③からなるものであり、その特徴は①、②の工程を含むことである。図14を用いてこの第二製法を説明する。

【0064】①、金属細線(1401-1)表面に樹脂(1403-2)によって、斑状に被覆された斑状被覆部を形成する(図14(a))。

②、斑状被覆部上に樹脂(1403-2)内部に導電性粒子(1403-1)を含有させたものを塗布する(図14(b))。

③、さらに、上部から第二電極(1402)を配し、導電性粒子含有の樹脂(1403-2)を硬化させて接合を完成する(図14(c))。

【0065】このように、金属細線に斑状被覆部を形成した後に、導電性粒子を含む樹脂を塗布し、硬化させることによって、容易に本発明の光起電力素子の第一電極と第二電極の接合部を作製することが可能である。この方法は前述の第一製法と組み合わせることも可能である。

【0066】上記①の金属細線表面に斑状被覆部を形成する方法は、金属細線表面上に樹脂を適度にスプレー塗布して硬化させる方法も可能であるが、以下の方法が簡易である。本斑状被覆部の形成方法を図15を用いて説明する。

【0067】①、金属細線(1501-1)表面にフィラー(1504)を含有する樹脂(1503-2)を塗布し、硬化させる(図15(a))。

②、フィラー(1504)を含有する樹脂(1503-2)にエネルギービーム(1505)を照射しフィラーおよび樹脂の一部を除去する(図15(b))。

【0068】このようにフィラーを含有する樹脂を塗布、硬化させた後にエネルギービームによってフィラーと樹脂の一部を適度に除去することによって、容易に斑状被覆部を形成可能である。この方法において、前述の光起電力素子の(斑状)の説明に記載のような、金属細線の太さよりも十分小さく、導電性粒子の大きさよりも十分大きい、被覆領域と露出領域を形成するためには、フィラー直径とフィラーの体積密度の関係が重要である。特にフィラー直径が10乃至50nmであり、体積密度が20乃至50%であることが効果的である。体積密度が20%未満の場合には被覆領域の面積が大きくなりすぎるため、接合部の抵抗値が大きくなってしまう。また、体積密度が50%を超える場合には露出領域が大きくなりすぎるため、斑状被覆部を形成する効果が薄れ、接合の耐応力性が低下する。

【0069】フィラーはエネルギービームのエネルギーを吸収するものほど好適である。なぜならフィラー自体

がエネルギーを吸収し、温度が上昇することによって、樹脂とフィラー界面の結合が切れ、フィラーが除去されやすくなるためである。特にフィラーがカーボンブラックであり、かつエネルギービームが波長1.06μmのYAGレーザー光であることが好適である。YAGレーザー光はQスイッチ発振されたパルス光が好適である。これは、出力ピーク値が数乃至数十kWと高く、パルス幅が数十nsと短いため、ビーム照射部にエネルギーを集中的に集めることが可能となり、加工性が良好となるためである。YAGレーザービームを照射する樹脂に架橋されたブチラール樹脂を主成分とするものを使用する場合、レーザービームの平均出力が20乃至50Wであることが好適である。平均出力が20W以下の場合にはフィラーが十分に除去されず、斑状被覆部において、被覆領域の面積が増加し、接合部の抵抗が大きくなってしまう。反対に平均出力が50W以上の場合には樹脂が金属細線表面から除去されすぎるため、露出領域の面積が増加し接合の耐応力性が低下する。

【0070】

【実施例】本発明の光起電力素子、および製造方法について実施例に基づいて詳しく説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0071】(実施例1)図1及び図2に本例の光起電力素子の製造工程図を示す。図1及び図2中、(a)乃至(g)は各工程の説明図であり、以下の工程a乃至工程gに対応する。

【0072】(工程a)基板上(106)に光起電力層(107)および透明電極層(108)を作製した。

【0073】光起電力素層は以下の様に作製した。幅36cmのロール上に巻いた厚さ150μmのステンレス基板の上にロールツーロール法によるスパッタ装置で厚み200nmのAl層(不図示)を形成した。さらに同様に厚み1μmのZnOからなる層(不図示)を形成して下部電極を得た。その後、マイクロ波プラズマCVD成膜装置に入れ、ボトムn層/i層/p層、ミドルn層/i層/p層、トップn層/i層/p層のアモルファスシリコン層を堆積しトリプル層の光起電力層(107)を形成した。さらに反射防止効果を兼ねた機能を有する透明電極層(108)としてITO膜をスパッタ法で光起電力層上に成膜した(成膜温度450℃、膜厚70nm)。

【0074】次に、得られた光起電力層付きステンレス基板を幅24cm、長さ18cmの大きさに切断した。また、基板の外周付近の透明電極層は幅1mmで除去し(不図示)、また分割溝(108-1)を幅1mmで形成した。透明電極層の除去方法は硫酸液の中に基板を浸し、基板と対向電極間に電界を印加する電界エッチング法を採用した。

【0075】(工程b)透明電極層(108)の上に絶縁両面テープ(109)を固定した。具体的には、SU



S基板(106)の端、透明電極層(108)の上に絶縁両面テープ(109)を貼り付けた。絶縁両面テープのサイズは幅7mm、長さ240mmである。絶縁両面テープの粘着剤はアクリル粘着剤を使用し厚みは片面につき60 $\mu$ mであった。絶縁両面テープの基材は厚さ25 $\mu$ mのポリイミドと厚さ50 $\mu$ mのポリエチレンテレフタートを厚さ60 $\mu$ mの粘着剤で貼り合わせたものを使用した。

【0076】(工程c) 金属細線からなる第一電極(101)を絶縁両面テープ(109)上および透明電極層(108)上に固定した。具体的には、前述の透明電極層(108)の上と貼り付けた絶縁両面テープ(109)の上に、金属細線からなる第一電極(101)を5.6mm間隔で42本(図示したのは5本のみ)仮留めした。仮留めは不図示の粘着テープで第一電極を貼り付ける方法で行った。

【0077】ここで、金属細線(101-1)からなる第一電極(101)は次の様にして、予め作製したものである。

【0078】金属細線(101-1)の材料として直径4~5mmの銅線の外周に厚み50 $\mu$ mの銀箔を貼り付けたものを準備した。次にそれを伸線装置により直径100 $\mu$ mの細線に整形した。この細線を連続的に作製しボビンに500g巻き取った。整形後の銀の被覆(不図示)は厚み1 $\mu$ mであった。次にエナメル線用のロールコート装置により金属細線の周りにフィラー(不図示)を含有する第一樹脂(不図示)からなる被覆(101-2)を形成し第一電極を完成した。被覆は完全硬化した内層と第一電極(101)を光起電力層上に接着固定するための外層の二層構造(不図示)にした。まず金属細線をボビンから巻き出し、アセトンにより表面の油分を除去した。次に連続的にフェルトに内層用のフィラーを含有した第一樹脂を含ませた処理槽を通した。このフィラーは直径が30 $\pm$ 20nmのカーボンブラックを使用した。カーボンブラックは体積密度35%に調整した。フィラーと第一樹脂の混合比は、混合物の重量を100として、ブチラル樹脂6.4重量部、クレゾール樹脂、フェノール樹脂、芳香族炭化水素系樹脂4.2重量部、硬化材としてジオールイソシアネート18重量部、溶剤としてキシレン18重量部、ジエチレングリコールモノメチルエーテルを12重量部、シクロヘキサノンを3.6重量部、さらにカップリング剤として $\gamma$ -メルカプトプロピトリメトキシシランを0.7重量部ベイントシェーカーで混合分散して作製した。金属細線を処理槽に通したのちに、さらにダイスに通し、不要なフィラー含有した第一樹脂を落とした。さらに、この金属細線を乾燥炉に通して、第一樹脂を完全硬化させた。このとき、線の送り速度とダイスの径を調整して、被覆の膜厚を5 $\mu$ mとした。次に同様にして、内層被覆付き金属細線を外層用のフィラーを含有する第三樹脂を含ませたフ

ェルトを配置した処理槽に通した。このフィラーは、直径が30 $\pm$ 20nmのカーボンブラックを使用した。カーボンブラックは体積密度35%に調整した。フィラーと第三樹脂の混合比は混合物の重量を100として、ウレタン樹脂41重量部、フェノキシ樹脂14重量部、硬化材として水素添加ジフェニルメタンジイソシアネート6重量部、溶剤として芳香族系溶剤4重量部、さらにカップリング剤として $\gamma$ -メルカプトプロピトリメトキシシランを0.7重量部ベイントシェーカーで混合分散して作製した。内層付き金属細線を処理層に通したのちに、さらにダイスに通して不要なフィラー含有第三樹脂を落とした。こうして得られた被覆付き金属細線を、さらに乾燥炉に通して半硬化させ、リールボビンに巻き取った。このとき、線の送り速度とダイスの径を調整して外層の膜厚を20 $\mu$ mとした。以上により第一電極(101)を完成した。

【0079】(工程d) 第一電極(101)の一部であり、絶縁両面テープ(109)を介して透明電極層(108)上に固定された部分にYAGレーザビーム(105)を照射した。

【0080】具体的には、第一電極(101)を透明電極層(108)上に両面粘着テープ(109)を介して固定した部分に、YAGレーザビーム(105)を上部から照射した。使用したレーザビームは公知のQスイッチによって出力ピーク値の高いパルス光に変調したレーザビームである。回転ミラーを使用したガルバノメータスキャナによってレーザビームの方向を変えてスキャンした。レーザビームは焦点距離370mmのf $\theta$ レンズによって第一電極にフォーカスさせた。レーザビームの照射条件は平均出力31W(サーモパイル型測定子で測定)、パルス周波数は12kHz、パルス幅は数十ns、スキャン速度は1200mm/秒、スポット径はおおよそ100 $\mu$ mであった。スキャンパターンは25cmの平行直線が56 $\mu$ mピッチで34本並んだものである。34本の直線ラインを一筆書きのように、往復描画してスキャンした。このスキャンパターンにより長さ25cm、幅2mmの長方形エリアに限なくレーザビームが照射された。

【0081】(工程e) YAGレーザビーム(105)の照射によって金属細線(101-1)表面上に斑状被覆部(103-2-1-a)が形成された。

【0082】YAGレーザビーム(105)の照射された部分の第一電極(101)のフィラー(不図示)、第三樹脂(不図示)および第一樹脂(3-2-1)の一部が除去され、斑状被覆部(103-2-1-a)が形成された。斑状被覆部の長さは2mmであった。一部サンプルを抜き取り、斑状被覆部をSEMのX線解析装置で分析したところ、金属細線表面の銀を示す特性X線の量と、第一樹脂(103-2-1)を示す特性X線の量と比、X線比が平均で0.1%未満であった。しかし、面

分析を行って、第一樹脂(103-2-1)の残留分布を測定したところ、第一樹脂(103-2-1)が残留し金属細線表面が被覆されている被覆領域と、金属細線表面が露出した露出領域とが混在していることが分かった。露出領域は、金属細線表面の中で、もともとフィラーが接していたために、第一樹脂が付着しなかった部分である。そこに、レーザビーム(105)が照射されたことによって、フィラーが除去され、金属細線表面が露出した。被覆領域におけるX線比は0.2%程度であり、露出領域におけるX線比は0.001未満であった。個々の被覆領域と露出領域の面積は $5\mu\text{m}$ 四方程度であった。また、被覆領域の厚みは約 $500\text{nm}$ 程度であった。

【0083】(工程f)斑状被覆部(103-2-1-a)に導電性粒子(103-1)として銀粒子を含有する第二樹脂(103-2-2)を塗布した。使用した導電性粒子はサイズが $5\mu\text{m}$ 程度の鱗片状のものである。また、第二樹脂はアクリル酸メチルと硬化剤を含むものを使用した。導電性粒子の、第二樹脂との混合物中における体積密度は、第二樹脂の硬化前で85%、硬化後には95%であった。

【0084】(工程g)金属細線(101-1)と第二電極(102)を接合した。

【0085】具体的には、塗布した第二樹脂(103-2-2)上に第二電極(102)をのせた。使用した第二電極(102)は厚さ $100\mu\text{m}$ 、長さ $240\text{mm}$ 、幅 $6\text{mm}$ の銅箔に厚み $1\mu\text{m}$ の銀めっきを施したものである。この際に第二電極(102)自体も絶縁両面テープ(109)を介して基板(106)に固定されるように上から圧力を加えた。その後、素子全体を公知の真空ラミネート炉に入れて1気圧の圧力を導体の上部から加えながら加熱することによって、第二樹脂を硬化させ第二電極と第一電極の接合を完成した。加熱は $210^\circ\text{C}$ で45秒間行った。この際、同時に透明電極層(108)上の第一電極(101)にも、熱と圧力を印加することで、第一電極のフィラー含有樹脂被覆を熱硬化させた。これにより、第一電極が光起電力素子有効発電エリアの透明電極層上に接着固定された。

【0086】このようにして接合された第一電極(101)の金属細線(101-1)と第二電極(102)との接合部における導電性粒子(103-1)の体積密度は、図2(g)の拡大断面図に示すように金属細線表面近傍で小さくなっていることが分かる。

【0087】以上により本実施例の光起電力素子が完成した。同様の光起電力素子を100枚作製した。

【0088】〔評価〕得られた光起電力素子の特性は100枚の平均変換効率が10.7%であった。変換効率の測定は光起電力素子の正電極と負電極に公知の出力端子を取りつけspire社のソーラーシミュレータに接続して行った。さらに光起電力素子に繰り返し応力を加

えて、耐応力性の試験を行った。応力を加える方法は光起電力素子を曲率半径 $50\text{cm}$ で反らせることによって行った。反らせる方向は光入射面側からと、反対の裏面からの二方向から行った。繰り返しの周期は20秒で回数は30000回行った。繰り返し応力を加えた後に、初期と同様に平均変換効率を測定したところ10.5%であった。

【0089】(実施例2)図3に本例の光起電力素子の細部構造を示す。本例は実施例1とYAGレーザの出力を31Wから50Wに増加させて、金属細線(101-1)表面から、第三樹脂のみならず第一樹脂も完全に除去し、斑状被覆部を形成しなかった点、および、第一電極のレーザビームを照射した部分に低体積密度で銀粒子を含む樹脂を塗布し、第二電極(102)を塗布部に配せず、実施例1と同様の手法で一旦硬化させた後に、再度、その上部から高体積密度で銀粒子を含む同種の樹脂を塗布した点において異なる。その後の第二電極(102)を接合する工程以降は実施例1と全く同様に行った。ここで、使用した銀粒子は実施例1と同じものである。また、銀粒子を含有させた樹脂も実施例1と同じものである。さらに低体積密度は樹脂の硬化前で5%、硬化後に57%であり、高体積密度は樹脂の硬化前で85%であり、硬化後に95%であるように調節した。さらに、金属細線(101-1)と第二電極(102)の距離が実施例1とほぼ同じになるように、かつ低体積密度の部分と高体積密度の部分の厚みはほぼ同じになるように樹脂の塗布量を調節した。

【0090】このようにして接合された第一電極の金属細線(101-1)と第二電極(102)との接合部における導電性粒子(103-1)の体積密度は、図3の拡大断面図に示すように金属細線表面近傍が第二電極近傍よりも小さくなっていることが分かる。

【0091】〔評価〕実施例1と同様に初期の平均変換効率と応力試験後の平均変換効率を測定した結果、初期は10.1%であり、試験後は9.99%であった。

【0092】(比較例1)図4に本比較例の光起電力素子の細部構造を示す。本例は実施例2と高体積密度で銀粒子を含む樹脂を使用しなかった点においてのみ異なる。実施例2と同様に、第一電極のレーザビームを照射した部分に低体積密度で銀粒子(103-1)を含む樹脂を塗布し、次に実施例2とは異なり、塗布部に第二電極(102)を配し、実施例1と同様の手法で樹脂を硬化させて接合を完成させた。使用した樹脂、銀粒子は実施例1および実施例2と同じものである。金属細線(101-1)と第二電極(102)の間隔は実施例2とほぼ同じになるように、銀粒子を含む樹脂の塗布量を調節した。

【0093】このようにして接合された第一電極の金属細線(101-1)と第二電極(102)との接合部における導電性粒子(103-1)の体積密度は、図4の

拡大断面図に示すようにほぼ均一になっていることが分かる。

【0094】〔評価〕実施例1と同様に初期の平均変換効率と応力試験後の平均変換効率を測定した結果、初期は9.02%であり、試験後は9.00%であった。

【0095】(比較例2)図5に本例の光起電力素子の細部構造を示す。本例は実施例2と低体積密度で銀粒子を含む樹脂を使用しなかった点においてのみ異なる。実施例2と同様に、第一電極のレーザビームを照射した部分に、実施例2とは異なり、高体積密度で銀粒子(103-1)を含む樹脂を塗布し、塗布部に第二電極(102)を配し、実施例1と同様の手法で樹脂を硬化させて接合を完成させた。使用した樹脂、銀粒子は実施例1および実施例2と同じものである。金属細線(101-1)と第二電極(102)の間隔は実施例2とほぼ同じになるように、銀粒子を含む樹脂の塗布量を調節した。

	初期平均変換効率	応力試験後平均変換効率	評価
実施例1	10.7	10.5	○
実施例2	10.1	9.99	○
比較例1	9.02	9.00	×
比較例2	10.0	9.50	×

【0100】(実施例3)本例は実施例1とフィラーであるカーボンブラックの樹脂中における体積密度を15%、20%、25%、45%、50%、および55%と変化させたことにおいてのみ異なる。

【0101】〔評価〕実施例1と同様に初期の平均変換効率と応力試験後の平均変換効率を測定した結果、体積密度が15%の時、初期が8.4%、試験後が8.2%であった。また、20%の時、初期が9.8%、試験後が9.6%であった。また、25%の時、初期が10.5%、試験後が10.4%であった。また、45%の時、初期が10.7%、試験後が10.4%であった。また、50%の時、初期が10.8%、試験後が9.7%であった。また、55%の時、初期が10.9%、試験後が8.5%であった。

【0102】実施例1、実施例3の結果を図6にまとめて示した。この結果から分かるように、金属細線表面にフィラーを含有する樹脂を塗布し、これにエネルギービームを照射して金属細線表面に斑状被覆部を形成する場合には、樹脂中のフィラーの体積密度が20乃至50%の範囲内であることが好ましい。

【0103】(実施例4)本例は実施例1とYAGレーザビームの平均出力を15W、20W、25W、45W、50W、および55Wと変化させたことにおいてのみ異なる。

【0104】〔評価〕実施例1と同様に初期の平均変換効率と応力試験後の平均変換効率を測定した結果、平均出力が15Wの時、初期が6.8%、試験後が6.6%であった。また、20Wの時、初期が9.5%、試験後が9.1%であった。また、25Wの時、初期が10.

【0096】このようにして接合された第一電極の金属細線(101-1)と第二電極(102)との接合部における導電性粒子(103-1)の体積密度は、図5の拡大断面図に示すようにほぼ均一になっていることが分かる。

【0097】〔評価〕実施例1と同様に初期の平均変換効率と応力試験後の平均変換効率を測定した結果、初期は10.0%であり、試験後は9.50%であった。試験後の光起電力素子の金属細線(101-1)と第二電極(102)の接合部を解析した結果、約5割の接合部で破断や剥離を生じていた。

【0098】実施例1、実施例2、比較例1、比較例2の結果を表1にまとめる。本表から本発明の効果は明らかである。

【0099】

【表1】

4%、試験後が10.3%であった。また、45Wの時、初期が10.8%、試験後が10.4%であった。また、50Wの時、初期が10.8%、試験後が9.8%であった。また、55Wの時、初期が10.8%、試験後が8.2%であった。

【0105】実施例1、実施例4の結果を図7にまとめて示した。この結果から分かるように、金属細線表面にフィラーを含有する樹脂を塗布し、これにパルスYAGレーザビームを照射して金属細線表面に斑状被覆部を形成する場合には、Qスイッチ発振による平均出力が20乃至50Wの範囲内であることが好ましい。

【0106】以上説明したように、本発明によれば、金属細線からなる電極と、他の電極の接合部を有する光起電力素子の耐応力性が高まる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明である実施例1を説明する図である。

【図2】本発明である実施例1を説明する図である。

【図3】本発明である実施例2を説明する図である。

【図4】従来例である比較例1を説明する図である。

【図5】従来例である比較例2を説明する図である。

【図6】実施例1及び実施例3の結果をまとめた図である。

【図7】実施例1及び実施例4の結果をまとめた図である。

【図8】従来技術を説明する図である。

【図9】本発明の実施態様を説明する図である。

【図10】従来例を説明する図である。

【図11】従来例を説明する図である。

【図12】本発明の実施態様を説明する図である。

【図13】本発明の実施態様を説明する図である。

【図14】本発明の実施態様を説明する図である。

【図15】本発明の実施態様を説明する図である。

【符号の説明】

101、401、901 第一電極  
101-1、901-1、1001-1、1101-1、1201-1、1301-1、1401-1、1501-1 金属細線  
102、902、1002、1102、1202、1302、1402 第二電極  
103-1、903-1、1003-1、1103-1、1203-1、1303-1、1403-1 導電性粒子  
103-2-1、1203-2-1 第一樹脂  
103-2-1-a 斑状被覆部

103-2-2、1203-2-2 第二樹脂

105、1505 エネルギービーム

106 基板

107、807 光起電力層

108、808 透明電極

108-1 分割溝

109 絶縁両面テープ

810 集電電極

811 バスバー電極

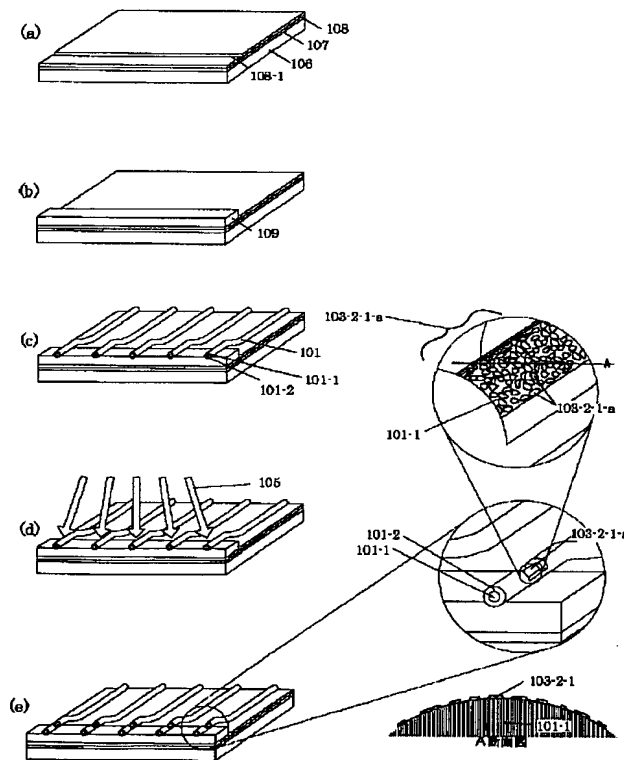
812 裏面電極

903、1003、1103、1203 接合部

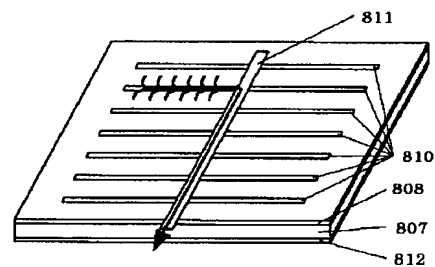
903-2、1003-2、1103-2、1303-2、1403-2、1503-2 樹脂

1504 フィラー

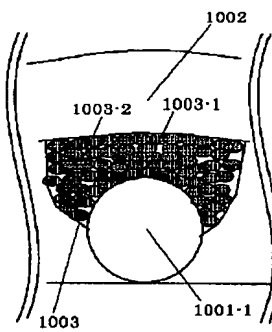
【図1】



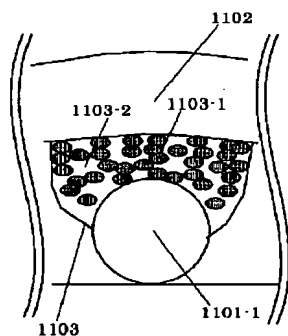
【図8】



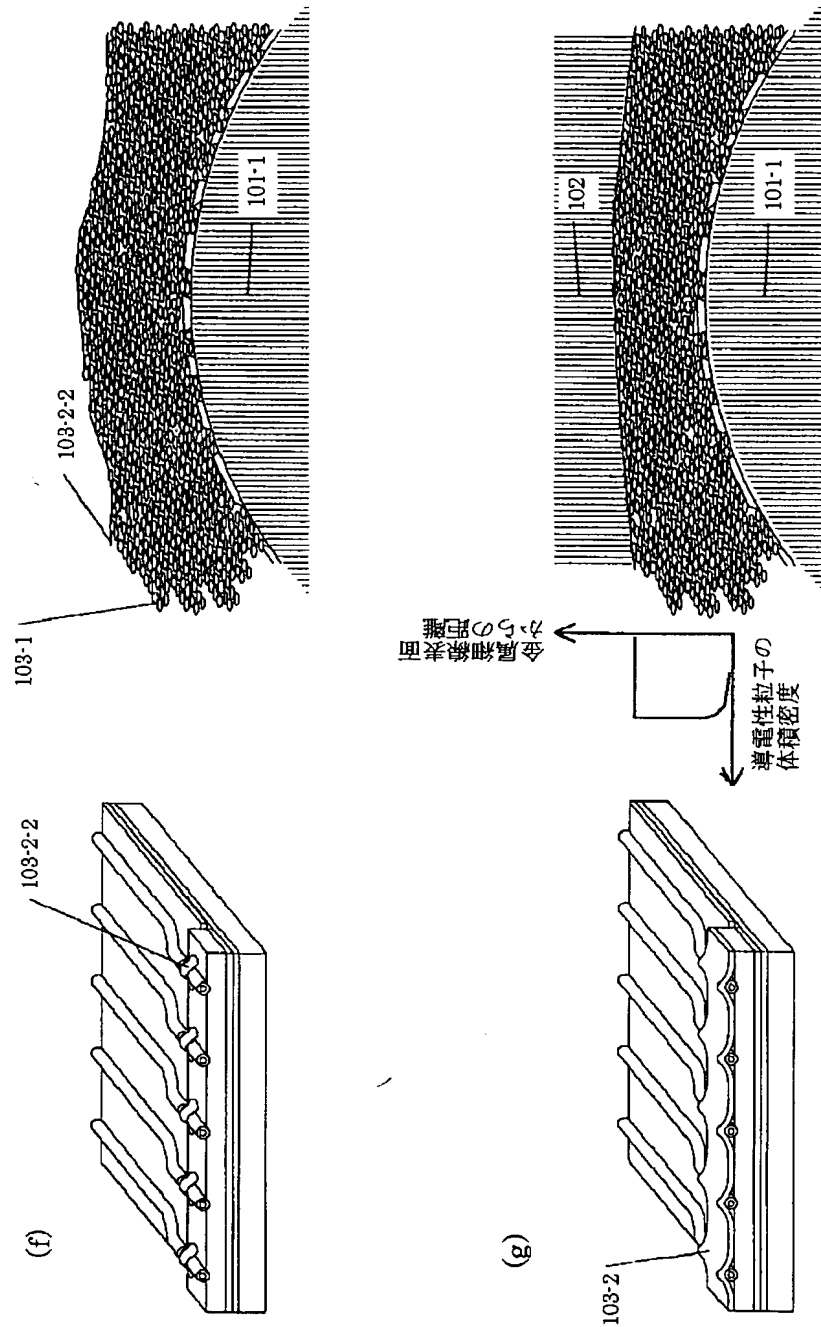
【図10】



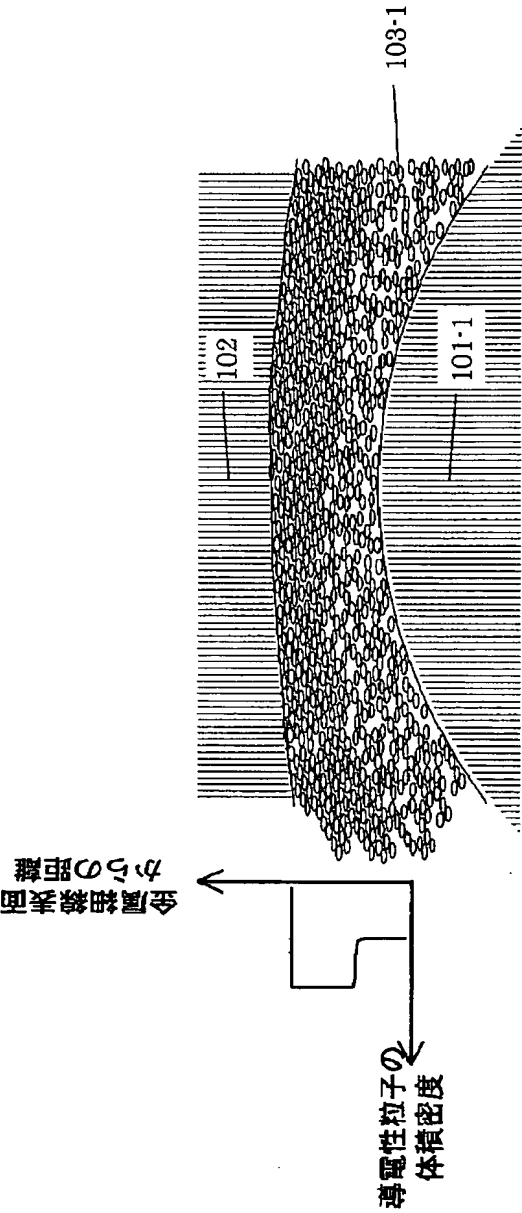
【図11】



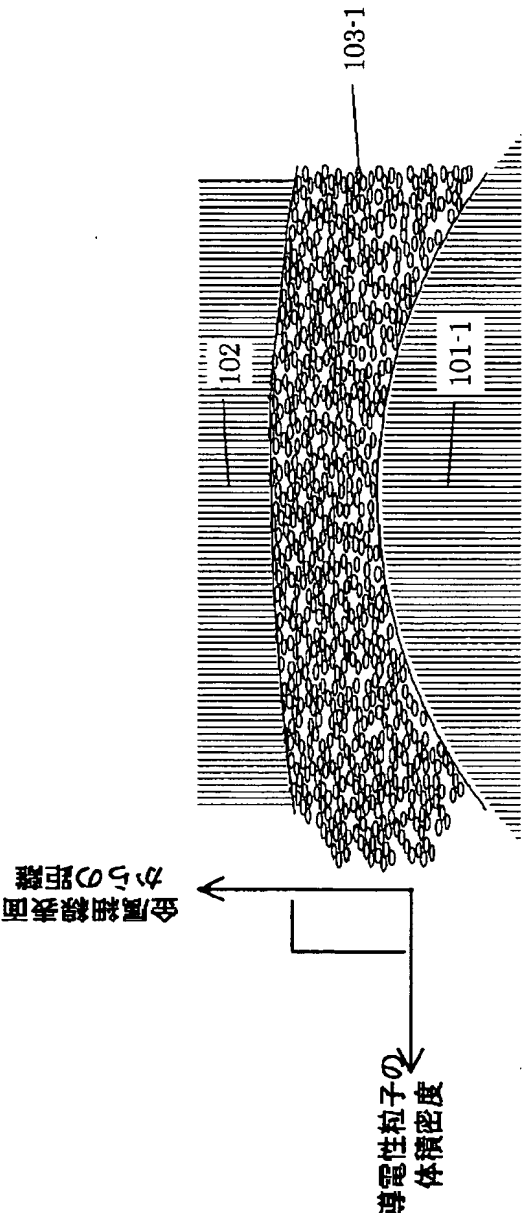
【図2】



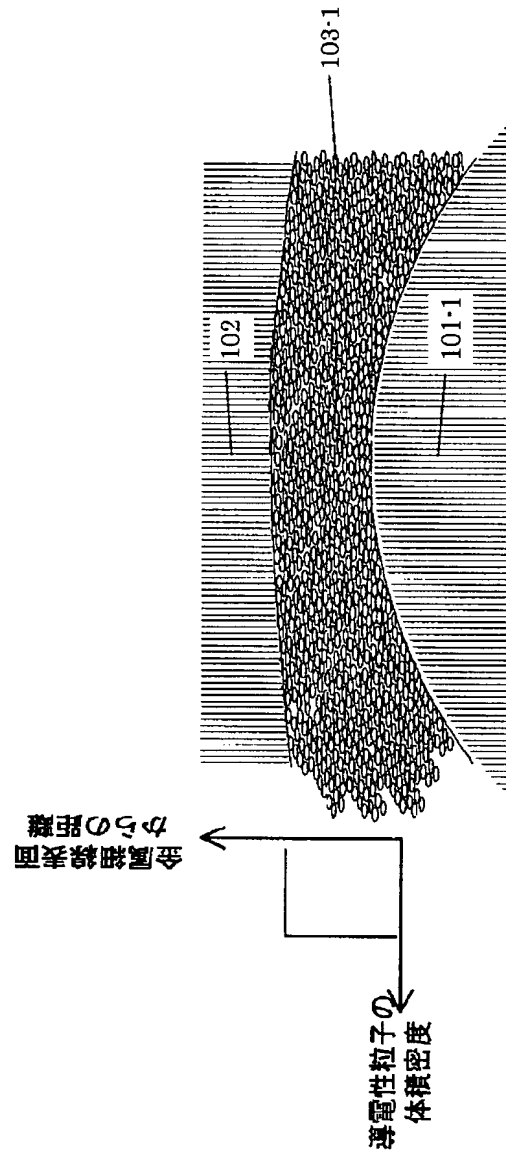
【図3】



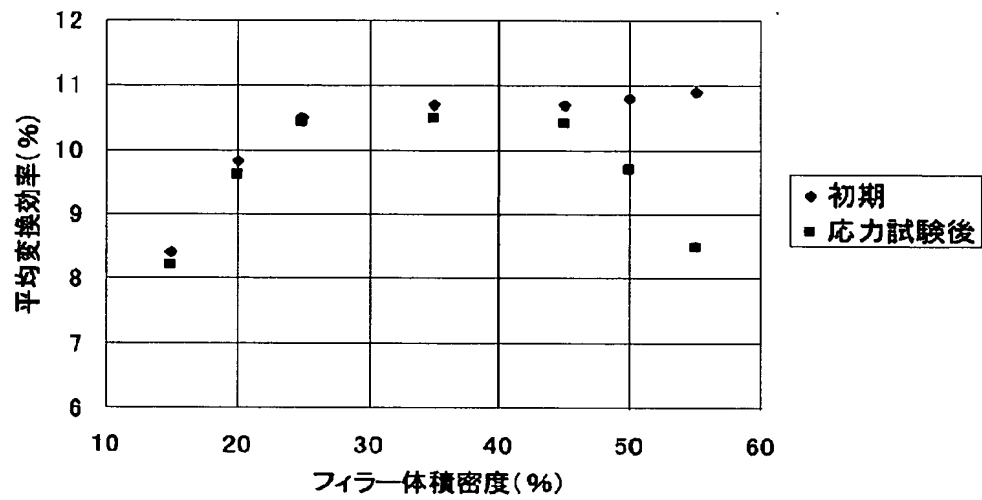
【図4】



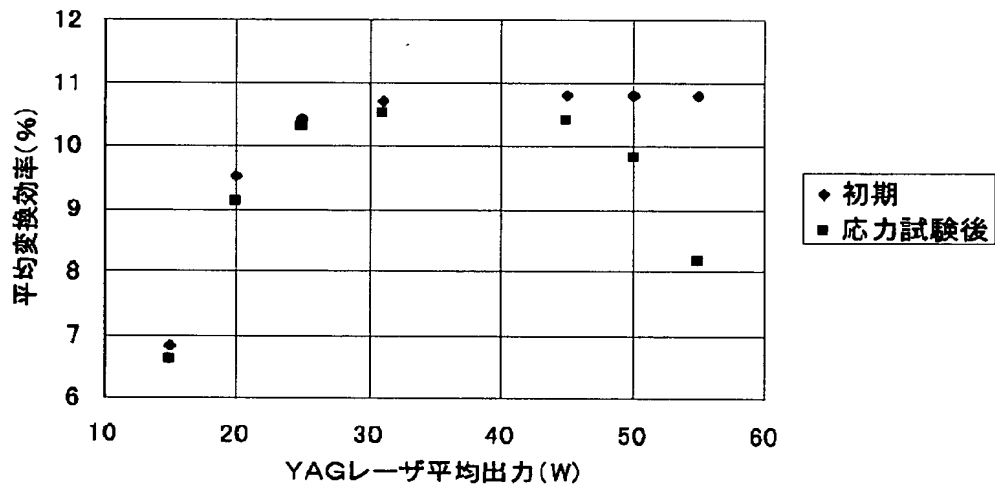
【図5】



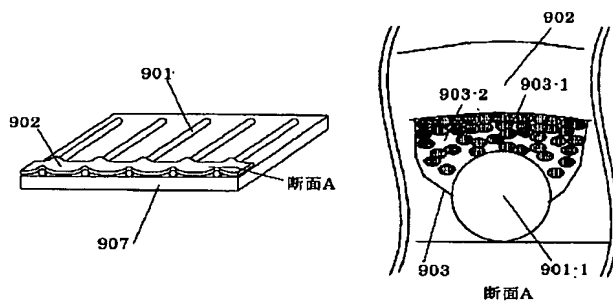
【図6】



【図7】

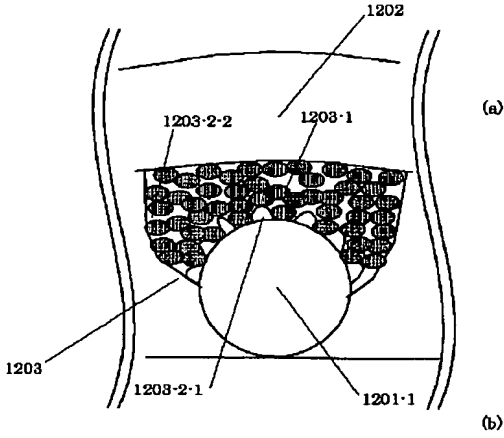


【図9】

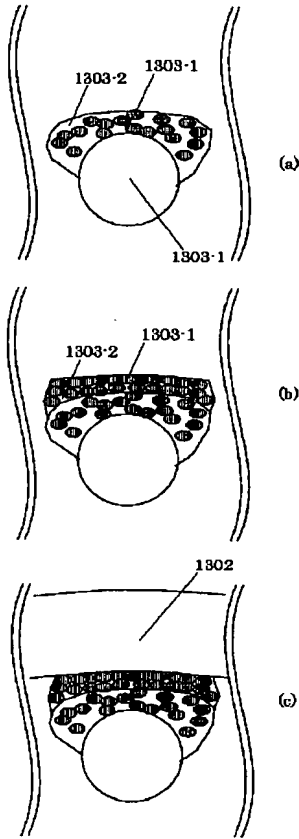




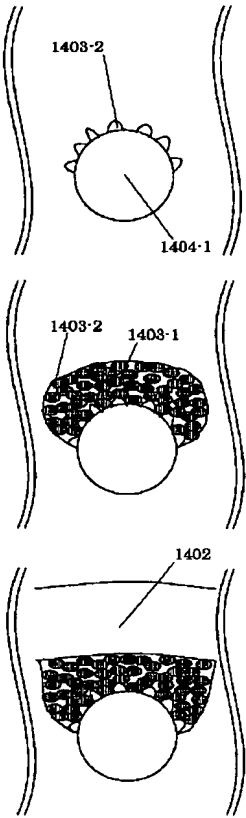
【図 12】



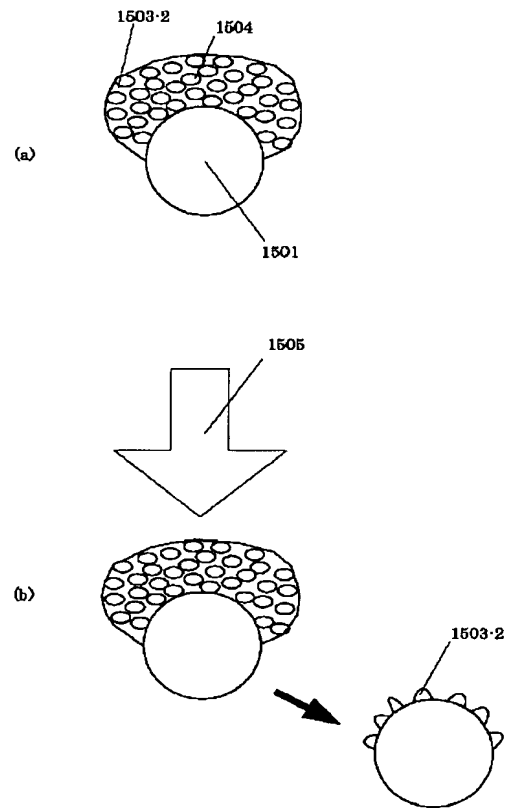
【図 13】



【図 14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 村上 勉  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

Fターム(参考) 5F051 AA03 AA05 FA13 FA14 FA16  
FA17 FA30

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**